

PENERAPAN KONSEP *SUSTAINABLE* PADA RUMAH TINGGAL DARI SEGI MATERIAL

Allan Subrata Ottong¹, Felix Yuwono², Ratna S. Alifen³, Paulus Nugraha⁴

ABSTRAK : Pembangunan rumah tinggal di Indonesia adalah salah satu kegiatan konstruksi yang turut menyumbang kerusakan lingkungan. Secara global, sektor konstruksi mengkonsumsi 50% sumber daya alam, 40% energi, dan 16% air. Konstruksi juga menyumbang emisi CO₂ terbanyak (45%). Dampak lingkungan tersebut memerlukan solusi agar kegiatan konstruksi dapat terus terlaksana dengan upaya mengurangi dampak lingkungan tersebut. Solusi yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan sistem pembangunan yang berkelanjutan atau *sustainable construction*.

Penelitian ini membahas penerapan konsep *sustainable* pada rumah tinggal dari segi material, dan juga membahas mengenai contoh penerapan alternatif material *sustainable* pada rumah tinggal. Metode penelitian yang digunakan adalah analisa deskriptif untuk pemenuhan poin-poin MRC (*Material and Resources Cycle*) dari *GreenShip Homes* dari elemen dan subelemen dari contoh permodelan rumah tinggal, dan analisis deskriptif terhadap siklus material dan konsep 3R (*Reduce, Reuse, dan Recycle*).

Hasil penelitian ini adalah berupa contoh penerapan alternatif material pada rumah tinggal yang memenuhi konsep *sustainable* dari segi material. Dari konsep 3R, konsep *reduce* adalah konsep yang paling sering dipenuhi. Dari siklus materialnya, penerapan konsep *sustainable* paling banyak terjadi pada tahapan transportasi dan pemrosesan. Dari pemenuhan poin MRC, poin yang paling banyak terpenuhi adalah poin yang berkaitan dengan material yang diproses secara ramah lingkungan dan penggunaan material lokal.

KATA KUNCI: material *sustainable*, *greenShip homes*, MRC, siklus material

1. PENDAHULUAN

Pembangunan rumah tinggal di Indonesia adalah salah satu kegiatan konstruksi yang terus berkembang dari waktu ke waktu, karena pertumbuhan penduduk yang pesat. Namun, ironisnya kegiatan ini adalah salah satu penyumbang kerusakan lingkungan.

Kegiatan konstruksi menggunakan sumber daya alam yang beragam, memakai sejumlah energi dan air, yang cukup signifikan terhadap kelestarian lingkungan. Dampak lingkungan tersebut memerlukan solusi agar kegiatan konstruksi dapat terus terlaksana dengan upaya mengurangi dampak lingkungan tersebut.

Sistem pembangunan yang berkelanjutan atau *sustainable construction* merupakan solusi yang dapat dilakukan, mencakup banyak aspek diantaranya hemat dalam penggunaan air dan energi pada pelaksanaan pembangunan, menggunakan material yang ramah lingkungan, dan mudah dalam pemeliharaan. Namun, penggunaan konsep *sustainable* masih belum banyak dilaksanakan karena kurangnya kepedulian manusia kepada lingkungan dan hanya mementingkan faktor ekonominya semata dengan anggapan bahwa konsep *sustainable* akan lebih memberatkan biaya konstruksi.

Penelitian ini akan mencoba untuk melakukan perubahan terhadap permodelan bangunan rumah tinggal dengan berdasar konsep *sustainable*.

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, ottonx_1993@yahoo.com

² Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, felixyuwono92@gmail.com

³ Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, alifrat@petra.ac.id

⁴ Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, pnugraha@petra.ac.id

2. LANDASAN TEORI

The Brutland Report (1987) mendefinisikan pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*) sebagai pembangunan yang bertujuan memenuhi kebutuhan di masa kini tanpa meniadakan kemampuan generasi masa depan untuk memenuhi kebutuhannya. Ruang lingkup dari *sustainable development* mencakup tiga pilar utama yaitu: lingkungan (*ecological*), ekonomi (*economic*), dan sosial (*community*).

Sustainable Construction atau konstruksi berkesinambungan merupakan aplikasi dari *Sustainable Development* untuk industri konstruksi (Suriptono, 2014). Dalam menciptakan *sustainable construction*, material konstruksi merupakan salah satu aspek yang perlu diperhatikan. Pemilihan material secara sembarangan dapat menimbulkan masalah lingkungan. Hal tersebut berkaitan dengan proses manufaktur bahan material mentah menjadi bahan material siap pakai yang disebut siklus hidup material.

Kozarova (2012) menggambarkan siklus hidup material mencakup fase-fase, antara lain; fase *pre-building* (pengambilan, pemrosesan, dan transportasi material), fase *building* (pembangunan, penggunaan, dan perawatan), dan fase *post-building* (penggunaan kembali, daur ulang, dan pembuangan akhir). Adapun dalam setiap fase siklus hidup material menimbulkan berbagai kemungkinan isu lingkungan seperti; konsumsi energi, kelangkaan sumber daya tidak terbarukan, polusi udara dan air, kebisingan, debu, efek terhadap ekosistem, pemanasan global, emisi CO₂, dan emisi gas asam.

Untuk meminimalisir isu lingkungan tersebut, ada sebuah konsep terkait dengan pemilihan material konstruksi yang *sustainable* yaitu konsep 3R (*Reduce, Reuse, dan Recycle*). *Reduce* merupakan tindakan meminimalisir pemakaian material dan limbah yang terjadi sehingga dapat menjaga kelestarian lingkungan. *Reuse* merupakan penggunaan kembali material dan produk bekas yang dapat digunakan kembali untuk tujuan yang sama, bertujuan untuk mengurangi limbah pada tempat pembuangan akhir (TPA) serta memperpanjang usia pemakaian suatu bahan material. *Recycle* merupakan penggunaan proses tertentu sehingga material yang awalnya merupakan sisa-sisa material yang tidak dapat terpakai, menjadi dapat digunakan kembali untuk tujuan yang sama atau berbeda (GBCI, 2014).

Di Indonesia, ada sebuah sistem penilaian terkait konsep ramah lingkungan dan prinsip keberlanjutan (*sustainable*) bernama *GreenShip Homes*. Sistem penilaian ini merupakan alat bantu bagi para pelaku industri bangunan dalam menerapkan dan mencapai standar terukur, dan dapat dipahami oleh masyarakat umum. Dalam *GreenShip Homes* terdapat beberapa kriteria penilaian, salah satunya terkait dengan sumber dan siklus material yaitu poin MRC (*Material Resources and Cycle*).

Rangkuman mengenai tujuan, tolok ukur dan nilai yang dapat diperoleh dari pemenuhan masing-masing poin MRC *GreenShip Homes* dapat dilihat pada **Tabel 1**.

3. METODE PENELITIAN

Secara garis besar metodologi penelitian meliputi: Studi literatur; Studi kasus dan Pengumpulan Data; Penentuan alternatif Material *Sustainable*; Analisa dan pembahasan; dan penarikan kesimpulan.

Studi literatur yang dilakukan terkait dengan konsep-konsep dasar *sustainable house*, material bangunan *sustainable*, siklus material bersumber dari penelitian-penelitian terdahulu, artikel laporan penelitian, dan situs internet. Studi kasus dilakukan dengan meninjau sebuah rumah contoh (Sutanta, 2009) yang ditinjau elemen-elemennya, meliputi: (1) Pondasi, (2) Dinding, (3) Atap, (4) Langit-langit, dan (5) Lantai.

Selanjutnya dibuat penentuan alternatif material mengacu pada point MRC dari *GreenShip Homes* (GBCI, 2014). Ada 2 point MRC yang tidak ditinjau dalam penelitian ini yaitu: MRC-3.3 dan MRC-8. MRC-3.3 berkaitan dengan penggunaan *furniture*; sedangkan MRC-8 berkaitan dengan perhitungan

jejak karbon, dimana kedua hal ini tidak kami tinjau pada contoh kasus rumah tinggal kami. Selanjutnya dilakukan analisa terhadap material tersebut, apakah dapat memenuhi konsep *sustainable*.

Tabel 1. Rangkuman Poin MRC *GreenShip Homes*

POIN MRC		TUJUAN	TOLOK UKUR	NILAI
MRC 1	Refrigeran Bukan Perusak Ozon (<i>Non ODP Refrigerant</i>)	Menghindari penipisan lapisan ozon karena penggunaan BPO pada refrigeran.	Tidak menggunakan refrigeran <i>Hydrochlorofluorocarbon</i> (HCFC) untuk sistem AC. *)Bila tidak menggunakan AC, maka memenuhi tolok ukur ini dan mendapat nilai	1
MRC 2	Penggunaan Material Bekas (<i>Material Reuse</i>)	Memperpanjang daur hidup material dan mengurangi sampah konstruksi	Menggunakan material bekas (15%).	1
MRC 3	Material dari sumber yang ramah lingkungan (<i>Environmental Friendly Material Source</i>)	Mendorong penggunaan material yang bahan baku utamanya berasal dari sumber yang ramah lingkungan.	Menggunakan material dari sumber terbarukan (10%).	1
			Menggunakan material yang berasal dari proses daur ulang (5%).	1
			Menggunakan furniture dari sumber terbarukan (<i>Renewable Furniture</i>), daur ulang (<i>Recycled Furniture</i>), atau bekas (<i>Reused Furniture</i>)	1
MRC 4	Material dengan Proses Produksi Ramah Lingkungan (<i>Environmental Friendly Processed Material</i>)	Menghindari kerusakan ekologis dari produksi produk material.	Menggunakan material yang proses produksinya memiliki sistem manajemen lingkungan (30%).	1
MRC 5	Kayu Bersertifikat (<i>Certified Wood</i>)	Mendukung penggunaan kayu legal dan menjaga keberlanjutan hutan.	Menggunakan kayu yang legal sesuai dengan Peraturan Pemerintah tentang asal kayu dan sah terbebas dari perdagangan kayu ilegal.	1
			Atau Penggunaan kayu dengan sertifikat lembaga independen Nasional atau Internasional seperti Lembaga Ekolabel Indonesia (LEI) atau Forest Stewardship Council (FSC).	1
MRC 6	Material Pra Fabrikasi (<i>Prefab Material</i>)	Mengurangi sampah dari aktivitas konstruksi	Menggunakan material prafabrikasi pada komponen bangunan utama (30%).	2
MRC 7	Material Lokal (<i>Local Material</i>)	Mengurangi jejak karbon dari penggunaan moda transportasi dan meningkatkan ekonomi setempat.	Menggunakan seluruh material yang lokasi asal bahan baku utama dan pabrikasinya berada di dalam radius 1.000 km dari lokasi proyek.	1
			Menggunakan material yang berasal dari dalam wilayah Republik Indonesia (80%)	1
MRC 8	Jejak Karbon (<i>Carbon Footprint</i>)	Memberikan pemahaman bahwa setiap material bangunan yang digunakan berpotensi meninggalkan jejak karbon dari bahan dasar yang dikandungnya dan proses pembuatannya.	Melakukan perhitungan jejak karbon yang berasal dari penggunaan bahan bangunan utama; semen olahan, bata merah, besi beton, keramik kaca dan kayu dalam rumah.	1

Keterangan : persentase dihitung dari total volume material atau total biaya material.

4. ANALISA DAN HASIL

Berikut adalah tinjauan terhadap material yang digunakan pada elemen rumah contoh beserta poin MRC yang dapat dipenuhi seperti yang ditampilkan pada **Tabel 2**.

Berdasarkan teori mengenai material yang telah dibahas, berikut adalah alternatif material yang akan diaplikasikan pada rumah contoh beserta tinjauannya terhadap poin MRC yang dapat dipenuhi seperti yang ditampilkan pada **Tabel 3**.

Mengacu pada konsep 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*) dimana langkah paling ideal untuk dipilih adalah *reduce*, selanjutnya *reuse* dan *recycle*. Maka dalam penentuan material kami lebih mendahulukan penggunaan material bekas dibandingkan material yang diproses secara ramah lingkungan karena dengan penggunaan material bekas dapat sekaligus mengurangi limbah TPA dan penggunaan material baru dari alam. Pada elemen struktural seperti pondasi, kolom, balok, dan struktur atap, kami tidak menggunakan material *reuse* dengan pertimbangan elemen struktural merupakan bagian yang menerima beban. Berikut adalah pertimbangan yang kami gunakan dalam penentuan alternatif material untuk masing-masing elemen rumah:

Tabel 2. Material yang Digunakan dan Poin MRC *GreenShip Homes* yang Dapat Dipenuhi

No	Elemen Rumah	Material yang digunakan	Point MRC yang dapat dipenuhi							
			MRC 2	MRC 3.1	MRC 3.2	MRC 4	MRC 5	MRC 6	MRC 7.1	MRC 7.2
1	Pondasi	a. Beton Site Mix 1 Pc : 2 Pasir : 3 split							V	V
		b. Batu Kali							V	V
2	Dinding									
		a. Elemen struktural (balok dan kolom)							V	V
		b. Baja tulangan							V	V
		b. Interior							V	V
		c. Eksterior							V	V
		d. Pintu dan jendela							V	V
3	Atap	a. Kusen kayu Kamper Singkil		V			V	V	V	V
		b. Daun Pintu Panel Teak Block		V			V	V	V	V
4	Plafond	a. Rangka atap Kayu Borneo Super		V			V		V	V
		b. Penutup atap							V	V
5	Lantai	a. Atap Genteng Beton							V	V
		a. Pasangan Plafon Triplek 4 mm		V			V	V	V	V
		b. Pasangan Rangka Plafon Kayu Borneo Super		V			V		V	V
5	Lantai	a. Beton Site Mix 1 Pc : 2 Pasir : 3 split							V	V
		c. Keramik lantai KW1						V	V	V

Tabel 3. Alternatif Material yang Dipilih dan Poin MRC *GreenShip Homes* yang Dapat Dipenuhi

No	Elemen Rumah	Alternatif Material yang dipilih	Point MRC yang dapat dipenuhi							
			MRC 2	MRC 3.1	MRC 3.2	MRC 4	MRC 5	MRC 6	MRC 7.1	MRC 7.2
1	Pondasi	a. Penggunaan Beton Ready Mix (ISO 14001)				V		V	V	V
2	Dinding									
		a. Elemen struktural (balok dan kolom)				V		V	V	V
		b. Baja tulangan daur ulang untuk pekerjaan balok dan			V				V	V
		c. Bata ringan u-block dan o-block sebagai bekisting						V	V	V
		b. Interior		V	V	V		V	V	V
		c. Eksterior						V	V	V
3	Atap	a. Bata Ringan						V	V	V
		b. Semen instan untuk perekat, plesteran dan acian				V		V	V	V
		d. Pintu dan jendela						V	V	V
		a. Kusen pintu dan jendela bekas (<i>reuse</i>)	V					V	V	V
4	Plafond									
		a. Struktur atap				V		V	V	V
5	Lantai	b. Penutup atap							V	V
		a. Genteng tanah liat bekas	V						V	V
5	Lantai	b. Papan fiber semen terbuat dari serat organik (ISO 14001)		V	V	V		V	V	V
		a. Urugan menggunakan bongkaran bangunan			V				V	V
		b. Mozaic pecahan keramik (lantai teras belakang)	V						V	V
		c. Keramik (ISO 14001)				V		V	V	V

4.1 Pondasi

Pondasi menggunakan beton *readymix* agar mutu beton lebih terjamin jika dibandingkan dengan beton yang dicampur secara manual. Dengan kualitas yang terkontrol, diharapkan beton dapat tahan lebih lama. Penggunaan beton *readymix* berperan dalam mengurangi material sisa (pasir, agregat, semen) sehingga lebih efisien dari segi biaya serta mengurangi beban limbah TPA. Semen yang digunakan dalam campuran beton sudah mengandung *fly ash* atau *blast furnace slag*. Penggunaan *fly ash* atau *blast furnace slag* berperan dalam menghemat penggunaan batuan kapur dan berdampak pada pengurangan emisi CO₂. Adapun beton *readymix* yang kami rencanakan adalah *readymix* telah memenuhi ISO 14001 yang terkait dengan manajemen lingkungan.

4.2 Dinding

Elemen dinding yang ditinjau terdiri dari beberapa sub elemen diantaranya: (1) elemen struktural (balok dan kolom), (2) dinding interior, (3) dinding eksterior, (4) pintu dan jendela.

4.2.1 Elemen Struktural (Balok dan Kolom)

Elemen struktural dinding seperti balok dan kolom menggunakan beton ringan u block, dan o block sebagai bekisting, sehingga tidak perlu menggunakan bekisting kayu dan dapat mengurangi limbah bekisting. Untuk penulangan menggunakan baja tulangan daur ulang. Setiap ton baja daur ulang menghemat 1.134 kilogram bijih besi, 635 kilogram batubara, dan 54 kilogram batu kapur. Hanya seperlima dari energi yang dibutuhkan untuk memproduksi baja dari bijih besi diperlukan untuk mendaur ulang baja tua. Untuk pengecoran sama seperti pondasi menggunakan beton *readymix*.

4.2.2 Dinding Interior

Dinding Interior menggunakan papan fiber semen bersertifikat ISO 14001. Proses pembuatan papan fiber semen menggunakan proses autoclaved (pengeringan dengan tekanan dan temperatur tinggi) seperti pada pembuatan beton ringan yang bertujuan agar didapatkan produk yang lebih tahan lama dan stabil. Saat ini, teknologi industri papan serat fiber semen telah sampai pada tahap dimana hasil proses produksinya dapat di-*recycle* menjadi bahan baku produksi kembali sehingga mengurangi volume pembuangan akhir. Juga, produk-produk yang telah habis masa pakainya juga dapat dihancurkan kembali dan didaur ulang agar dapat diambil materialnya yang dapat digunakan sebagai bahan produksi utama. Isu lingkungan yang dapat ditemui dari penggunaan papan serat fiber semen yaitu penggunaan semen yang adalah sumber daya tidak terbarukan namun bahan baku utama lainnya yaitu serat selulosa adalah aman bagi lingkungan.

4.2.3 Dinding Eksterior

Dinding eksterior tidak menggunakan bata merah, seperti pada rumah contoh, karena dalam proses pembuatan bata merah membutuhkan energi yang cukup besar untuk proses pembakaran. Sebagai gantinya, dinding eksterior direncanakan dengan menggunakan beton ringan.

Beton ringan mengandung bahan daur ulang seperti *fly ash*, yang berkontribusi dalam mengurangi penggunaan semen. Kandungan udara yang besar didalam beton ringan berkontribusi dalam pengurangan volume bahan baku mentah jika dibandingkan dengan material konstruksi lainnya. Beton ringan memiliki berat berkisar 50% lebih ringan dari bata merah dalam ukuran yang sama dan hanya sekitar 20% dari berat beton biasa. Berat lebih ringan tersebut dapat berkontribusi dalam menghemat energi pada proses transportasi berdampak pada pengurangan emisi CO₂ akibat kendaraan; pengurangan beban struktur dapat memperkecil dimensi dan mengurangi material penyusun elemen struktural tersebut.

Untuk merekatkan beton ringan, plasteran serta acian menggunakan semen instan. Penggunaan semen instan berkontribusi dalam penghematan penggunaan air dan bahan karena pemakaian air dan semen yang lebih terukur. Penggunaan bahan baku (semen) yang terukur/ lebih sedikit dibandingkan pemakaian secara konvensional, sehingga mengurangi emisi CO₂ saat pencampuran berlangsung.

4.2.4 Pintu dan Jendela

Pintu dan jendela menggunakan pintu dan jendela bekas. Ketersediaan dari pintu dan jendela bekas cukup banyak di pasaran. Pemanfaatan pintu dan jendela bekas ini berdampak pada mengurangi pemakaian material baru dan juga menggunakan material dari sumber daya terbarukan. Dimensi dari pintu dan jendela yang digunakan tergantung dari ukuran yang tersedia di lapangan.

4.3 Atap

Elemen atap yang ditinjau terdiri dari beberapa sub elemen diantaranya: (1)struktur atap, (2) penutup atap.

4.3.1 Struktur Atap

Penggunaan rangka atap baja ringan yang telah bersertifikat ISO 14001, karena bahannya yang telah terproduksi secara ramah lingkungan dan ketahanannya dan mutunya yang lebih baik daripada menggunakan kayu. Bahan baja ringan juga 100% dapat didaur ulang menjadi produk baja lain.

4.3.2 Penutup Atap

Ketersediaan genteng bekas cukup banyak di pasaran, sehingga penggunaan genteng bekas dapat dipilih. Yang perlu diperhatikan dalam memilih genteng bekas adalah kondisinya yang tidak pecah. Penggunaan genteng bekas dapat mengurangi pemakaian material baru serta mengurangi limbah material bangunan.

4.4 Plafond

Plafond menggunakan material yang sama seperti dinding interior, yaitu papan fiber semen bersertifikat ISO 14001. Penggunaan papan fiber semen mempunyai keunggulan yaitu lebih stabil dan lebih tahan lama. Selain itu, seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, papan serat fiber semen yang telah habis masa pakainya juga dapat dihancurkan kembali dan didaur ulang agar dapat diambil materialnya yang dapat digunakan sebagai bahan produksi utama.

4.5 Lantai

Penggunaan teraso untuk teras belakang diharapkan dapat mengurangi pemakaian material baru dan meningkatkan nilai guna keramik yang telah pecah. Untuk penutup lantai rumah bagian dalam menggunakan keramik ukuran 40x40cm yang memenuhi sertifikasi ISO 14001 mengenai manajemen lingkungan.

Tinjauan pemenuhan poin MRC dalam *GreenShip Homes* pada rumah contoh dan alternatif material dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Analisa Material Rumah Contoh dan Alternatif Material terhadap Poin MRC *GreenShip Homes*

POIN MRC		TOLOK UKUR	Rumah Contoh		Alternatif Material	
			CHECKLIST	NILAI	CHECKLIST	NILAI
MRC 1	Refrigeran Bukan Perusak Ozon (Non ODP Refrigerant)	Tidak menggunakan refrigeran <i>Hydrochlorofluorocarbon</i> (HCFC) untuk sistem AC. (*)Bila tidak menggunakan AC, maka memenuhi tolok ukur ini dan mendapat nilai	Y	1	Y	1
MRC 2	Penggunaan Material Bekas (Material Reuse)	Menggunakan material bekas (15%).	T	0	Y	1
MRC 3	Material dari sumber yang ramah lingkungan (Environmental Friendly Material Source)	Menggunakan material dari sumber terbarukan (10%).	Y	1	Y	1
		Menggunakan material yang berasal dari proses daur ulang (5%).	T	0	Y	1
		Menggunakan furniture dari sumber terbarukan (<i>Renewable Furniture</i>), daur ulang (<i>Recycled Furniture</i>), atau bekas (<i>Reused Furniture</i>)	T	0	Y	1
MRC 4	Material dengan Proses Produksi Ramah Lingkungan (Environmental Friendly Processed Material)	Menggunakan material yang proses produksinya memiliki sistem manajemen lingkungan (30%).	T	0	Y	1
MRC 5	Kayu Bersertifikat (<i>Certified Wood</i>)	Menggunakan kayu yang legal sesuai dengan Peraturan Pemerintah tentang asal kayu dan sah terbebas dari perdagangan kayu ilegal.	T	0	T	0
		Atau Penggunaan kayu dengan sertifikat lembaga independen Nasional atau Internasional seperti Lembaga Ekolabel Indonesia (LEI) atau Forest Stewardship Council (FSC).	T	0	T	0
MRC 6	Material Pra Fabrikasi (Prefab Material)	Menggunakan material prafabrikasi pada komponen bangunan utama (30%).	T	0	Y	1
MRC 7	Material Lokal (<i>Local Material</i>)	Menggunakan seluruh material yang lokasi asal bahan baku utama dan pabrikasinya berada di dalam radius 1.000 km dari lokasi proyek.	Y	1	Y	1
		Menggunakan material yang berasal dari dalam wilayah Republik Indonesia (80%)	Y	1	Y	1
MRC 8	Jejak Karbon (<i>Carbon Footprint</i>)	Melakukan perhitungan jejak karbon yang berasal dari penggunaan bahan bangunan utama; semen olahan, bata merah, besi beton, keramik kaca dan kayu dalam rumah.	T	0	T	0
Total Nilai				4		9

Keterangan : persentase dihitung dari total volume material atau total biaya material.

Y : Memenuhi persyaratan dan mendapatkan nilai

T : Tidak memenuhi persyaratan dan tidak mendapat nilai

Berikut adalah keterkaitan antara poin MRC, siklus hidup material dan konsep 3R terhadap alternatif material dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Tinjauan Poin MRC terhadap Siklus Hidup Material dan Konsep 3R

No	Elemen Rumah	Alternatif Material yang dipilih	Point MRC yang dapat dipenuhi						
			MRC 2	MRC 3.1	MRC 3.2	MRC 4	MRC 6	MRC 7.1	MRC 7.2
1	Pondasi	a. Beton Ready Mix (ISO 14001)			Fase pengambilan: Salah satu bahan penyusun beton adalah semen. Semen yang digunakan mengandung <i>fly ash</i> atau <i>blast furnace slag</i> , merupakan limbah produksi (<i>recycle</i>) dan dapat mengurangi penggunaan batuan kapur pembentuk semen serta emisi CO2 dihasilkan (<i>reduce</i>).	Fase pemrosesan: telah terproses secara ramah lingkungan. Mengurangi dampak lingkungan yang dihasilkan (<i>reduce</i>).	Fase Instalasi: mengurangi material sisa seperti: pasir, semen, agregat (<i>reduce</i>).	Fase Transportasi: Mengurangi emisi CO2 karena sumber material masih berada radius 1000 km (<i>reduce</i>).	Fase Transportasi: Mengurangi emisi CO2 karena sumber material masih berada di wilayah Indonesia (<i>reduce</i>).
2	Dinding								
	a. Elemen struktural (balok dan kolom)	a. Beton Ready Mix (ISO 14001)			lihat deskripsi beton ready mix MRC 3.2	lihat deskripsi beton ready mix MRC 4	lihat deskripsi beton ready mix MRC 6	lihat deskripsi beton ready mix MRC 7.1	lihat deskripsi beton ready mix MRC 7.2
		b. Baja tulangan daur ulang untuk pekerjaan balok dan kolom			Fase pengambilan: Setiap ton baja daur ulang menghemat 2.500 pound bijih besi (<i>reduce</i>). Fase pemrosesan: menghemat 1400 pound batubara, dan 120 pound batu kapur, energi yang dibutuhkan hanya 1/5 dari memproduksi baja dari bijih besi (<i>reduce</i>)			lihat deskripsi beton ready mix MRC 7.1	lihat deskripsi beton ready mix MRC 7.2
	b. Interior	a. Papan fiber semen terbuat dari serat organik (ISO 14001)		Fase pengambilan: Menggunakan serat penguat organik	Fase pemrosesan: Menggunakan serat fiber dari material yang dapat didaur ulang (<i>recycle</i>)	lihat deskripsi beton ready mix MRC 4	Fase Instalasi: mengurangi material sisa (<i>reduce</i>).	lihat deskripsi beton ready mix MRC 7.1	lihat deskripsi beton ready mix MRC 7.2
	c. Eksterior	a. Bata Ringan					Fase Instalasi: mengurangi material sisa (<i>reduce</i>).	lihat deskripsi beton ready mix MRC 7.1	lihat deskripsi beton ready mix MRC 7.2
		b. Semen instan untuk perekat, plesteran dan acian				lihat deskripsi beton ready mix MRC 4	Fase Instalasi: mengurangi material sisa (<i>reduce</i>).	lihat deskripsi beton ready mix MRC 7.1	lihat deskripsi beton ready mix MRC 7.2
	d. Pintu dan jendela	a. Kusen pintu dan jendela bekas (<i>reuse</i>)	Fase pemasangan: Penggunaan kusen bekas (<i>reuse</i>) dapat mengurangi penggunaan material baru (<i>reduce</i>)					lihat deskripsi beton ready mix MRC 7.1	lihat deskripsi beton ready mix MRC 7.2
3	Atap								
	a. Struktur atap	a. Rangka atap baja ringan (ISO 14001)				lihat deskripsi beton ready mix MRC 4	Fase Instalasi: mengurangi material sisa (<i>reduce</i>).	lihat deskripsi beton ready mix MRC 7.1	lihat deskripsi beton ready mix MRC 7.2
	b. Penutup atap	a. Genteng bekas	Fase pemasangan: Penggunaan genteng bekas (<i>reuse</i>) dapat mengurangi penggunaan material baru (<i>reduce</i>)					lihat deskripsi beton ready mix MRC 7.1	lihat deskripsi beton ready mix MRC 7.2
4	Plafond	b. Papan fiber semen terbuat dari serat organik (ISO 14001)		Fase pengambilan: Menggunakan serat penguat organik	Fase pemrosesan: Menggunakan serat fiber dari material yang dapat didaur ulang (<i>recycle</i>)	lihat deskripsi beton ready mix MRC 4	Fase Instalasi: mengurangi material sisa (<i>reduce</i>).	lihat deskripsi beton ready mix MRC 7.1	lihat deskripsi beton ready mix MRC 7.2
5	Lantai								
		a. Urugan menggunakan bongkaran bangunan			Fase pemasangan: Penggunaan bongkaran bangunan (<i>recycle</i>) dapat mengurangi penggunaan sirtu urugan (<i>reduce</i>)			lihat deskripsi beton ready mix MRC 7.1	lihat deskripsi beton ready mix MRC 7.2
		b. Teraso	Fase pemasangan: Penggunaan pecahan keramik (<i>reuse</i>) dapat mengurangi penggunaan material baru (<i>reduce</i>)					lihat deskripsi beton ready mix MRC 7.1	lihat deskripsi beton ready mix MRC 7.2
		c. Keramik (ISO 14001)				lihat deskripsi beton ready mix MRC 4	Fase Instalasi: mengurangi material sisa (<i>reduce</i>).	lihat deskripsi beton ready mix MRC 7.1	lihat deskripsi beton ready mix MRC 7.2

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari studi literatur beberapa sumber, dapat kita ketahui bahwa inti dari konsep *sustainable* dari segi material adalah keterkaitan antara konsep 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*), penggunaan material dan siklus dari suatu material.

Dari hasil analisa studi kasus terhadap poin MRC *GreenSHIP Homes* oleh GBCI dan siklus material, dapat kita peroleh kesimpulan:

- Contoh permodelan rumah tinggal belum menerapkan konsep *sustainable* dari segi material karena tiap elemen dan subelemen belum memenuhi poin MRC secara keseluruhan.
- Penerapan *reduce* dari konsep 3R paling banyak terjadi dalam penentuan alternatif material, yaitu terjadi pada elemen pondasi, dinding struktural, pintu dan jendela, dinding eksterior dan interior, rangka atap, plafond, dan lantai.
- Poin MRC 4 mengenai produk yang diproses produksi secara ramah lingkungan serta mempunyai sertifikasi sistem manajemen lingkungan adalah poin yang paling mudah untuk dipenuhi dari penentuan alternatif material.
- Konsep *Sustainable* dari segi material dapat diterapkan meskipun hanya menggunakan material lokal. Karena jika ditinjau dari siklus material, penggunaan material lokal berkontribusi dalam memperkecil jejak karbon.
- Konsep *Sustainable* pada rumah tinggal dapat dioptimalkan dengan pemilihan material yang tepat untuk tiap elemen atau subelemen. Pengoptimalan dapat berupa efisiensi biaya dan efisiensi penggunaan material baru.

6. DAFTAR REFERENSI

- Green Building Council Indonesia. (2010, Juni). *GREENSHIP Homes Rating Tools untuk Rumah Tinggal versi 1.0*. Retrieved December 21, 2014 from <http://www.greenshiphomes.org/>
- tabela, A. (2012). *Building Materials and The Environment*.
- Suriptono. (2014). Teknik Sipil. *Menghadirkan Konstruksi Hijau*. Presentasi Kuliah Umum 12 Maret 2014 di UK Petra, Surabaya.
- Sutanta. (2009). *Panduan Lengkap Membangun Rumah*. Bogor, Indonesia.
- Ottong, Yuwono. (2014). *Penerapan Konsep Sustainable pada Rumah Tinggal dari Segi Material*. Surabaya, Indonesia.
- World Commission on Environment and Development. (1987). *Our Common Future, Report of the World Commission on Environment and Development*. Development and International Co-operation: Environment August 2, 1987.